

KALKMØRTEL I MODERNE BYGGVERK?

forutsetninger og muligheter



Tekst: Øyvind Buset, Norsk murforum
Illustrasjoner: iStockphoto, Norsk murforum,
Bygg og bevar, tidsskriftet MUR og Jon-Are
Berg-Jacobsen/Vest Vind Media

Hvorfor kalk? Kalkmørtel er svakere enn sementmørtel og har dårligere heft, noe som gjør den vanskeligere å bruke i moderne konstruksjoner. Men dette gjør den samtidig mer egnet for gjenbruk: Det er enklere å rense steinen.

Kalkmørtel produseres ved lavere temperatur enn sementmørtel, noe som gir lavere CO₂-utslipp.

Aller først vil jeg prøve å forklare forskjellen på materialene i en mer enn hundre år gammel vegg kontra en ny – og forskjellen på kalk- og sementmørtel.

Deretter kommer selve poenget, nemlig spørsmålet:

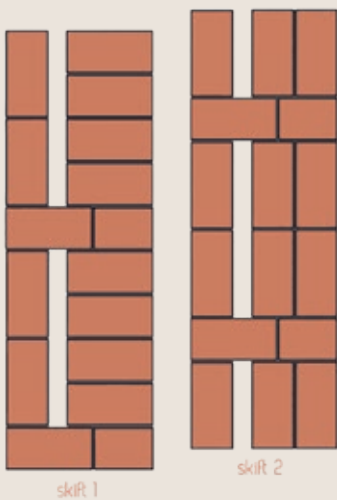
– Kan kalken gjenoppstå og få et godt liv i moderne byggekultur?

Byggemetodene må stadig tilpasses nye krav, og dette har stort sett vært vellykket. Det er liten grunn til å endre metoder som fungerer. Marginene er små, så derfor: If it works, don't fix it.

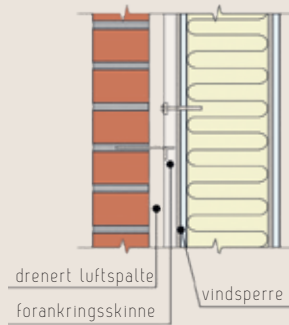
Føringer for eventuelle endringer i materialbruk må komme fra de rette myndighetene og nedfelles i bygningslov og forskrift. Kommer det føringer for å endre materialvalg, vil man først søke å bytte likt mot likt. Men vi kan ikke erstatte sement med kalk uten videre. Vi kan heller ikke fastslå at det som fungerte for 150 år siden vil fungere i moderne bygninger. Konstruksjonene er annerledes nå. Dette er en fallgrube det er lett å havne i. Men nøkkelen til suksess er å forstå bygningers tekniske utviklingshistorie.

dlinca/iStockphoto





Horizontalsnitt av Trondheims-hulmur. Murte vanger med murte bindere, vanligvis med halvsteins yttervange og en tykkere bærende innervange. Binderne ble forskjøvet for hvert skift. Ill.: Bygg og bevar



Vertikalsnitt av moderne yttervegg med halvsteins teglvange som værhud

Norske yttervegger endret seg fra 'varm vegg' til 'kald vegg' i forrige århundre

Murte yttervegger før og nå

Ytterveggene har endret seg fra 'varm vegg' til 'kald vegg' – fra massiv vegg til hulromskonstruksjon.

De massive, eller tilnærmet massive, uisolerte veggene nøt godt av varmetap fra rommet innenfor. De hadde stort teglvolum med uttørking fra hulrommet og på begge sider og kunne håndtere mye fukt uten nevneverdige frostproblemer.

En moderne bygning er potte tett. Ytterveggen består av en godt isolert klimavegg innenfor et klimaskall. Klimaskallet er adskilt fra bakveggen med en godt drenert luftspalte. Dette skallet er en 'kald' vegg som lever under tøffe klimaforhold uten hjelp av varmetap fra rommene innenfor.

Overgangen fra varm til kald vegg i forrige århundre er en grunnleggende endring som vi må forstå konsekvensen av. Fukt- og frostbelastningen for 'kald' vegg er vesentlig høyere, noe dagens materialer og byggemetoder må ta høyde for.

Eksposeringen bygget blir utsatt for er en klimasyklus: de fire årstider. Er syklusen balansert, skjer det samme gang på gang, år etter år: slagregn-frost-opptining-sol-uttørking. Etter hvert har vi funnet løsninger i takt med nye krav til bygg.

Når vi i dag tester materialer og bygningsdetaljer, etterligner vi denne syklusen i klimakammer i laboratorium.

De gamle veggene var tilnærmet massive, og det store volumet bidro til at de tålte mye fukt. Oppvarming av rommene innenfor hjalp til med uttørkingen og bidro derved til en fungerende syklus.

Vi er pliktige til å bruke materialer og løsninger som tåler klimasyklusen. I NS 3420 heter det: 'Materialer som velges av entreprenøren skal være bestandige mot de forutsatte klimatiske eller bruksmessige påkjenningene.' Dette skal dokumenteres før vi bygger.

Den sterke sementen har vært med på å løse denne utfordringen. Ønsker vi på nytt å ta i bruk tradisjonelle, svakere mørtler, må vi tilpasse disse til dagens byggemetoder og krav. Men det er også tenkelig at vi kan endre byggemetodene for å få til dette.

Klimautsatte vegger

Med sementens inntog ble murverket slankere og sterkere. Så sterkt at vi er helt sikre på at det holder.

Hva om vi snur på dette og spør: Hvor svakt kan egentlig murverk være? Kan vi i dag ta i bruk det materialet vi brukte for 150 eller 500 år siden? Vil murverket da tåle belastningen og eksposeringen det utsettes for?

OVERDEKNINGER

Det er særlig åpninger som byr på utfordringer når slanke teglvegger skal mures med svak mørtel. Overdekningene kan løses ved hjelp av

- prefabrikkerte elementer i tegl eller betong (kan by på problemer for lange overdekninger med behov for samvirke med overliggende murverk)
- stålvingler over dør/vindu som bærer murt overdekning
- murte buer

Teglstein	Mortel	Murverkets egenskaper – se NA.3.6(901)											
		trykkfasthet		bøyestrekfasthet				skjærfasthet				elastisitetmodul	
		f_{ky}	f_{kx}	f_{sk1}		f_{sk2}		f_{sk}		E_{yk}		E_{yx}	
		N/mm ²	N/mm ²	vert.	horis.	vert.	horis.	basis	maks.	korttidslast	langtidslast	E_{yk}	E_{yx}
MASSIVTEGL	65	20	13,8	13,8	0,78	2,95	0,70	2,10	13,8	13,8	10,0	10,0	
		15	12,8	12,8	0,70	2,80	0,60	2,10	12,8	12,8	8,0	8,0	
		10	11,8	11,8	0,54	2,60	0,45	2,10	11,8	11,8	7,5	7,5	
		5	9,7	9,7	0,49	2,25	0,35	2,10	9,7	9,7	5,8	5,8	
		15	10,5	10,5	0,70	2,45	0,80	1,75	10,5	10,5	7,8	7,8	
	50	10	9,5	9,5	0,54	2,25	0,45	1,75	9,5	9,5	6,4	6,4	
		5	8,0	8,0	0,49	1,95	0,35	1,75	8,0	8,0	4,9	4,9	
		15	8,9	8,9	0,55	2,20	0,50	1,50	8,9	8,9	5,9	5,9	
		10	8,0	8,0	0,48	2,05	0,40	1,50	8,0	8,0	4,0	4,0	
		5	6,7	6,7	0,40	1,75	0,30	1,50	6,7	6,7	4,1	4,1	
	28	15	6,8	6,8	0,47	1,90	0,45	1,20	6,9	6,9	4,2	4,2	
		10	6,1	6,1	0,39	1,75	0,35	1,20	6,1	6,1	3,7	3,7	
5		5,1	5,1	0,31	1,50	0,25	1,20	5,1	5,1	3,1	3,1		
15		4,4	4,4	0,41	1,45	0,40	0,80	4,4	4,4	2,7	2,7		
10		4,0	4,0	0,32	1,35	0,30	0,80	4,0	4,0	2,4	2,4		
16	5	3,4	3,4	0,23	1,20	0,20	0,80	3,4	3,4	2,1	2,1		
	2,5	2,8	2,8	0,20	1,00	0,15	0,80	2,8	2,8	1,7	1,7		
	20	13,8	9,4	0,78	2,30	0,70	1,60	13,8	15,5	10,0	11,2		
	15	12,8	8,7	0,70	2,20	0,60	1,60	12,8	14,7	8,0	10,3		
	10	11,8	7,9	0,54	2,00	0,45	1,60	11,8	13,0	7,5	8,4		
HULLTEGL – hullandelen, $A_h < 25\%$	65	5	9,7	6,6	0,49	1,75	0,35	1,60	9,7	11,0	5,8	6,6	
		15	10,5	7,1	0,70	1,95	0,60	1,35	10,5	12,0	7,6	8,7	
		10	9,5	6,5	0,54	1,80	0,45	1,35	9,5	10,7	6,4	7,2	
		5	8,0	5,4	0,49	1,55	0,35	1,35	8,0	9,0	4,9	5,5	
		15	8,9	6,0	0,55	1,75	0,50	1,15	8,9	10,0	6,7	7,5	
	40	10	8,0	5,4	0,48	1,60	0,40	1,15	8,0	9,0	5,6	6,3	
		5	6,7	4,6	0,40	1,40	0,30	1,15	6,7	7,5	4,2	4,7	
		15	6,8	4,6	0,47	1,50	0,45	0,90	6,8	7,5	5,3	5,8	
		10	6,1	4,2	0,39	1,40	0,35	0,90	6,1	7,0	4,3	4,9	
		5	5,1	3,5	0,31	1,20	0,25	0,90	5,1	5,7	3,3	3,7	
	28	15	6,8	4,6	0,47	1,50	0,45	0,90	6,8	7,5	5,3	5,8	
		10	6,1	4,2	0,39	1,40	0,35	0,90	6,1	7,0	4,3	4,9	
5		5,1	3,5	0,31	1,20	0,25	0,90	5,1	5,7	3,3	3,7		
15		4,4	3,0	0,41	1,20	0,40	0,85	4,4	5,0	3,5	4,0		
10		4,0	2,7	0,32	1,10	0,30	0,85	4,0	4,5	2,8	3,2		
16	5	3,4	2,3	0,23	0,95	0,20	0,85	3,4	3,7	2,2	2,4		
	2,5	2,8	1,8	0,20	0,80	0,15	0,85	2,8	3,0	1,7	1,8		
	15	4,0	0,45	0,34	0,55	0,35	0,50	6,2	2,2	3,5	1,3		
	10	3,8	0,40	0,25	0,45	0,25	0,50	5,5	2,0	3,0	1,1		
	5	3,0	0,35	0,20	0,40	0,18	0,50	4,6	1,7	2,3	0,9		
LEETTEGL 25%h, <35%	12	2,5	2,5	0,30	0,18	0,35	0,14	0,50	3,8	1,5	1,8	0,7	

NS-EN 1996-1-1:NA tabell NA.904: Konstruksjonsfastheter og elastisitetesmoduler for murverk av teglstein



Anastasia Shavshyna / iStockphoto

Bygningene langs kysten med fjellene i ryggen er sterkt eksponert for slagregn og fryse-tinesykluser. Her fra Ålesund

Styrkeegenskaper [N/mm ²]			mørtel		murverk	
			trykkfasthet	trykkfasthet	bøjestrekkfasthet	skjærfasthet
Mørteltype og metode			f_m	f_{kg}	f_{sk2}	f_{v40}
Sementmørtel	EC (M5)	beregnet iht. Eurokode 6	5	9,64	0,40	0,20
	NS (M5)	fra det nasjonale tillegget i Eurokode 6	5	5,37	1,23	0,26
	M5 SS	sementmørtel som er testet	9,31	9,6	0,77	0,37
Kalkmørtel	NHL3,5	kalkmørtel som er testet (kun én testserie)	2,11	4,6	0,30	0,11

f_m – **mørtelens** trykkfasthet: Sementmørtelen M5 SS har en høyere styrke enn det standarden angir. Kalkmørtelen har trykkfasthet 3,5 N/mm². Tabellen angir en lavere verdi, men kalkmørtel blir sterkere med tiden.

f_{kg} – **murverkets** trykkfasthet: I tabellen stemmer M5 SS (9,6 N/mm²) ganske godt overens med EC (M5) (9,64 N/mm²), noe som indikerer at vi har vært for konservative i det nasjonale tillegget, NS (M5) (5,37 N/mm²).

Mht. kalkmørtelen på 4,6 N/mm² er det rimelig at verdien er lavere. Den er heller ikke så langt unna verdien som brukes i dag (5,37 N/mm²)

Tabellen er hentet fra en masteroppgave om fastheter i moderne murverk (Adrian Bergsagel Malvåg, stud. NTNU)

Testing og dokumentasjon

Ingeniøren har et regelverk å forholde seg til når det skal prosjekteres. For murverk tas det utgangspunkt i en tabell basert på tester gjort over flere tiår, av teglstein og sementbaserte mørtler. Disse har høye styrkeverdier, for eksempel er mørtelkvaliteten M5.

Vi mangler en tilsvarende tabell for kalkmørtler. Her trengs det testing og dokumentasjon for at ingeniøren igjen skal kunne bruke kalken konstruktivt i moderne bygg.

SKJÆRTEST (heft mellom stein og mørtel):

EC6 angir en tabellert verdi på initieell skjærheft på 0,2 N/mm² med mindre annet er spesifisert. Hva som faktisk er nødvendig skjærheft er avhengig av belastningen på murverket. Iht produktstandarden for mørtel er minstekravet til skjærheft 0,15 N/mm².

FORANKRING OG ARMERING

Beregning av forankring og armering i murverk baserer seg også på mørtelkvalitet M5. Her har vi kun data for sementmørtler. Kapasiteten antas å være lav for kalkmørtler. Men kanskje kan vi finne andre armeringstyper til dette formålet?

STYRKETESTER

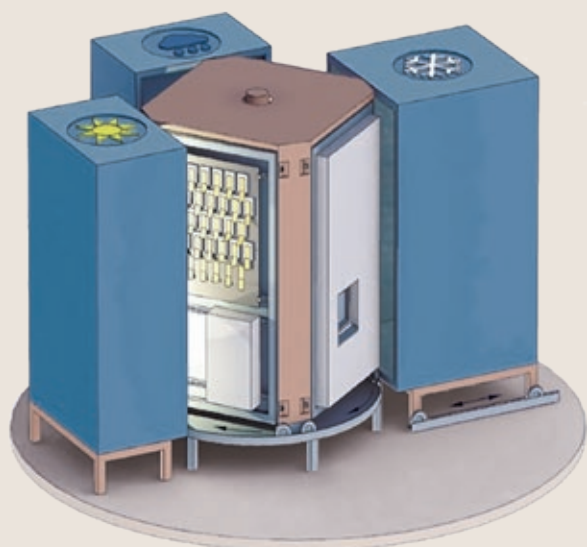
Tabellen (se over) bygger på en mengde tester over tid. NTNU har kjørt en tilsvarende testrunde med NHL 3,5 for å finne ut hvor svak mørtelen kan være:

- Kan kalkmørtelen være sterk nok for konstruksjonen og samtidig svak nok til å kunne demonteres for gjenbruk?





shadrin_andrey/Stockphoto



UV/IR-stråling



Slagregn



Frysing

Kalkmørtel bør testes i klimakammer, på samme måte som sementmørtel



Experience Interiors/Stockphoto

Murverk er bra for inneklimate – som følge av varmemagasiner og fuktregulering – og fordi det ikke har skadelige emisjoner.

Forvitring

Finder vi at styrken på kalken er god nok, må vi sjekke at den ikke vil forvitte. Det er viktig å forstå forvitring – og finne løsninger for å forhindre den. Etterspekking med en sterkere mørtel kan være aktuelt der murverket skal stå ubehandlet. Og når vi bruker gjenvunnet teglstein i fasaden, hvorfor skulle vi ikke pusse det hele med kalkmørtel?

Murverk med kalkmørtel bør testes i klimakammer på samme måte som sementmørtel. En sammenligning med M5- eller M2,5-mørtel vil være til stor hjelp. Kalkmørtelen trenger ikke å ha samme styrke, men en sammenligning vil kunne si noe om dens motstand mot forvitring.

Innvendige vegger

Innendørs vil kalkmørtel som regel fungere utmerket både til muring og pussing. Generelt har innvendig murverk svært mye for seg. Vi vet hvor bra det er for inneklimate – som følge av varmemagasiner og fuktregulering. Tegl er brent leire – et uorganisk naturmateriale – uten allergifremmende emisjoner. Dette er spesielt viktig i skolebygg, helse- og omsorgsbygg, privatboliger og kontorbygg.

I tillegg kan en lydvegg i mur og puss konkurrere både teknisk og økonomisk mot en lydvegg i stål og gipsplater.

Veien videre

Det handler om planlegging og kompetanse. Vi kan gå helt til den andre enden av styrkeskalaen, der entusiaster bygger hus i stein av soltørket leire, murt med leirmørtel. Når dette er oppnåelig, bør kalkmørtel definitivt være en mulighet i mer ordinært murverk. Forutsetningen er at vi har den nødvendige kunnskap om materialet og byggemetoden.

Hva trenger vi for å få dette til?

- Mer dokumentasjon av kalkens samvirke med andre materialer
- Mer testing av murverk med kalkmørtel
- Mer kunnskap om forvitring – testing i klimakammer. Sammenligningsgrunnlag med materialer vi kjenner i dag
- Og viktigst av alt: Bygningene må prosjekteres og tilrettelegges for denne type materialer